Lane Medical Library

Aus dem Zahnärztl. Institut der Universität Halle-Wittenberg
Direktor: Professor Dr. H. Heinroth.

92

Über die Ergebnisse elastometrischer Untersuchungen am gesunden Zahn zur Feststellung von Normenwerten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät
der vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dr. rer. pol. Theodor Godduhn
appr. Zahnarzt
aus Hannover

Halle-Saale
Ostdeutsche Druckerei und Verlagsanstalt, Inhaber Otto Jung.
1929.

Berichterstatter: Professor Dr. H. Heinroth.
Nebenberichterstatter: Professor Dr. Kochmann.

Bevor ich auf die Ergebnisse meiner Untersuchungen eingehe, möchte ich in eine Erörterung über die Grundlagen der Gewebselastometrie und deren Bedeutung für die Zahnheilkunde eintreten. Es können die Messungen der elastischen Eigenschaften des toten Gewebes der Anatomen hier unberücksichtigt bleiben, da die Ergebnisse auf das lebende Gewebe kaum übertragbar sind, zumal in der nachstehenden Arbeit Versuche nur am Lebenden vorgenommen worden sind.

H. Heinroth sagt: „Die Veränderung der Gewebe nach dem Absterben in chemischer und morphologischer Beziehung ist so weitgehend, daß sich aus den Untersuchungen ein Schluß auf das lebende Gewebe als unmöglich erweist." Schade war der erste, der eine objektive registrierende Methode der Elastometrie mit Anwendbarkeit am Lebenden im Jahre 1912 angegeben hat Was ist nun unter Elastizität, die für die Untersuchungen verwertbar ist, zu verstehen? Die in der Physik gebräuchliche Definition ist für uns nicht ganz geeignet. Auerbach sagt: „Elastizität ist die in einem Körper durch einen Zwang wachgerufene innere Kraft." Heinroth will diese einfache Definition nicht gelten lassen, da wir nicht gewohnt seien, die Elastizität als eine Kraft, sondern als eine den Körpern eigentümliche Eigenschaft zu betrachten, er zieht die Definition von C. Bach vor, die dieser in seinem Lehrbuche „Elastizität und Festigkeit" im Gegensatz zur bisherigen Definition aufstellte. Die jedem Körper innewohnende Eigenschaft, unter Einwirkung äußerer Kräfte eine Änderung seiner Gestalt zu erleiden und mit dem Aufhören dieser Einwirkung die erlittene Formveränderung mehr oder minder vollständig wieder zu verlieren, wird mit Elastizität bezeichnet. Dabei ist der sogenannte Elastizitätskoeffizient diejenige Zahl, welche angibt, um

welche Strecke sich ein Stab von der Länge 1 bei einer Belastung von 1 kg auf die Flächeneinheit (Quadratzentimeter) dehnt. Diese Definition enthält die Vorteile der physikalischen mathematischen Formulierung, da der nach der Bachschen Formel gewonnene Begriff den reziproken Wert des in der Physik meist gebrauchten Elastizitätsmoduls darstellt. H. Heinroth folgt einem Vorschlage von Schade und setzt beim Problem der Gewebselastometrie Elastizität gleich mit federnd reversibler Nachgiebigkeit, während der physikalische Begriff mit dem reziproken Wert dieser Nachgiebigkeit mit elastischem Widerstand bezeichnet wird. Im Rahmen dieser Arbeit hat unter den verschiedenen Körpergeweben das Bindegewebe besonderes Interesse, weil es die Aufgabe der Stützfunktion und des elastischen Ausgleichs von Deformierungen zu erfüllen hat. Die Untersuchungen von H. Triebel an den elastischen Fasern des Nackenbandes des Rindes haben ergeben, daß bei diesen elastischen Fasern Dehnungen bis zu 120% bei vollkommener Erhaltung der Elastizität möglich sind. Für kollagene Fasern nennt Triebel Höchstwerte von etwa 4%. Bei diesen Fasern versagt allerdings die Elastizität schon lange vor dem Zerreißungspunkte, es treten sogenannte Nachdehnungen auf.

Weitere Untersuchungen Landerers zeigten, daß die Elastizität des Bindegewebes, im physiologischen Zusammenhange mit anderen Geweben, bedeutend größer ist als die der kollagenen Fasern. Triebel klärt diese Erscheinung dadurch, daß die elastische Beanspruchung nicht so sehr in einer Dehnung der gestreckten kollagenen Fasern besteht, sondern daß sie besonders auf der Ausgleichung wellenförmiger Krümmungen der Fasern sowie auf einer Veränderung der Maschenform beruht. Landerer hat nachgewiesen, daß für die Elastizität eines Gewebes besonders auch die Blutgefäße, vor allem die Kapillaren, von großer Bedeutung sind. Er konnte nachweisen, daß die Kapillarwand zu schwach ist, den vollen, auf ihr lastenden Binnendruck zu tragen; den von ihr nicht getragenen Teil des Blutdruckes, ungefähr $^1/_2$ bis $^2/_3$, trägt das umgebende Gewebe vermöge seiner elastischen Spannung. Das Gewebe,

das die Gefäße umschließt, kann man als eine zweite elastische Gefäßwand betrachten. Diese Gefäßwand erhält dem strömenden Blute in den Kapillaren seine lebendige Kraft. Das elastisch gespannte Gewebe wirkt als elastischer Widerstand für die Bewegung des Blutes in den Gefäßen, durch seine elastische Spannung die Spannung erhaltend, welche zur Blutbewegung erforderlich ist. Es ist also der Schluß zu ziehen, daß die Elastizität eines Gewebes die Menge des durchströmenden Blutes beeinflußt, und daß eine mangelhafte Durchblutung die Elastizität des Gewebes herabmindert. Landerer faßt die Erwägungen zusammen: „Die Menge des durch ein Organ strömenden Blutes ist bedingt durch das Verhältnis von Kraft und Widerstand.“ Von besonderer Bedeutung für die Elastizität eines Gewebes sind die Errungenschaften der Kolloidchemie. Freundlich und Schade waren es, welche die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen kolloidchemischen Vorgängen und physikalischen Eigenschaften der Gewebe als erste in ihrer Bedeutung für die Medizin erkannten. Die experimentelle Grundlage, auf die sich die weiteren Forschungen aufbauen, schaffte Freundlich, der Elastizität und Zähigkeit als „charakteristische Parameter der Gele“ bezeichnete. Wie an Flüssigkeiten die Viscositätsmessung wichtige Aufschlüsse zu vermitteln imstande ist, kann der Wechsel in der Elastizität zur Messung von Änderungen des Zustandes von Gallerten dienen. Über den Grad und die Art der Elastizitätsbeeinflussung durch Lösungsbestandteile sagt Schade auf Grund der Ergebnisse von Freundlich folgendes: „Was die Gelbildung begünstigt, erhöht den elastischen Widerstand, macht weniger elastisch nachgiebig und umgekehrt, was die Gelbildung benachteiligt, verringert den elastischen Widerstand und macht elastisch nachgiebiger.“ Dem entspricht es, daß allgemein für die Elastizität eine Reihe derselben Gesetzmäßigkeiten gelten, wie für die Viscosität der kolloiden Flüssigkeiten. Es würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen, auf die Untersuchungsergebnisse näher einzugehen.

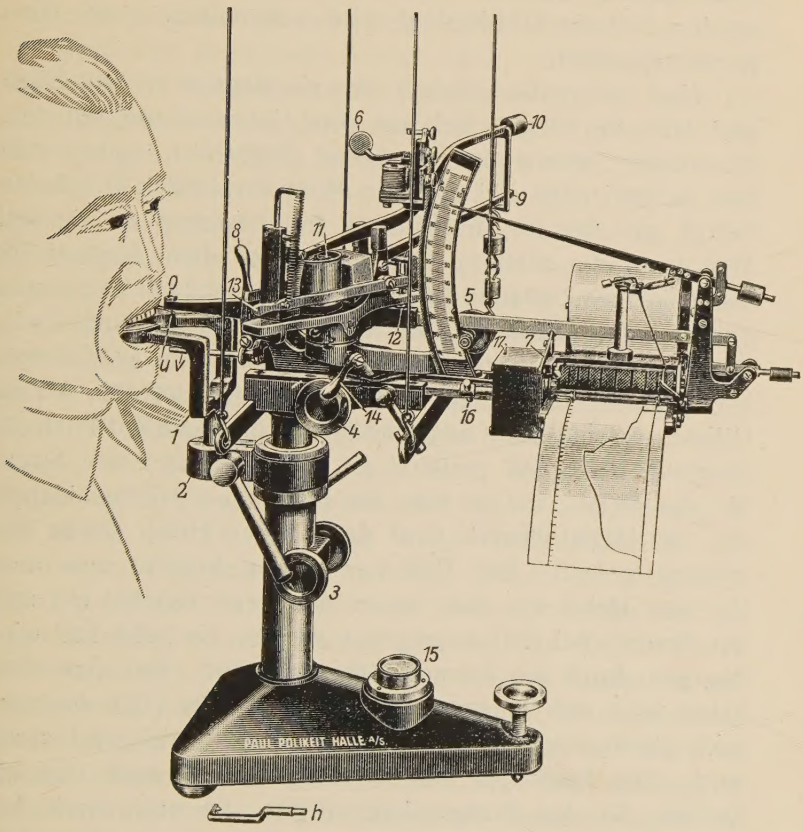
Im Jahre 1912 konstruierte Schade eine Apparatur zur Messung der Gewebselastizität am Kranken. Das Prinzip

schildert er folgendermaßen: „Es sind die Bewegungen graphisch festzulegen, welche ein auf die Haut aufgestellter Stab erfährt, wenn er durch eine Belastung in das Körpergewebe hineingedrückt und sodann nach Wegnahme der Last wieder durch die elastischen Kräfte des Gewebes gehoben wird.“ Das Elastometer nach Schade ist mit einer Registriervorrichtung auf rotierender Trommel versehen. Schade gelang es, mit seiner Apparatur charakteristische Kurven für die Elastizitätsveränderungen zu erhalten.

Von größerer Bedeutung für die Fortentwicklung der Gewebselastometrie wurde Schades Taschenelastometer aus dem Jahre 1926, bei dieser Konstruktion war die absolute Ruhigstellung des zu messenden Objektes nicht mehr erforderlich, sodaß nun elastometrische Untersuchungen auch am Kranken vorgenommen werden konnten. F. E. Kluge überprüfte in etwa 300 Messungen die neue Apparatur und gelangte zu dem Ergebnis, daß die Störung der Bindegewebselastizität universeller Natur ist. Mit Hilfe derselben Methodik stellte Fr. Trendtel bei Kindern nach einem Erholungsaufenthalt von sechs Wochen an der See eine Elastizitätssteigerung einwandfrei fest.

Um nun die Bedeutung der Elastometrie für die Zahnheilkunde festzustellen, lag es am nächsten, das Schadesche Taschenelastometer zu benutzen. Es stellte sich aber bei Versuchen, die H. Heinroth anstellte, heraus, daß bei der geringen Bewegungsmöglichkeit des Zahnes die Apparatur für diesen Zweck ungeeignet war, zumal sich der Apparat auch nicht so fest in der Mundhöhle anbringen ließ, wie es zur elastometrischen Messung nötig ist. H. Heinroth konstruierte ein geeignetes Mikroelastometer und nach langwierigen Versuchen gelang es ihm, es so zu verbessern, daß sich mit dem neuesten Modell verhältnismäßig einfach bei einiger Übung Versuche durchführen lassen. Ehe ich in eine Erörterung der mir gestellten Aufgabe und der Ergebnisse der Untersuchungen eintrete, erscheint es mir zweckmäßig, die Apparatur und die Art der Versuche kurz zu beschreiben

Das neue feststehende Mikro-Zahnelastometer ist so universell gestaltet, daß die Möglichkeit gegeben ist, die Zahnelastizität in verschiedenen Richtungen zu untersuchen



Mikroelastometer nach Prof. Heinroth.*)

und zwar: Durch horizontalen Druck gegen den Zahn von vorn *(v)* oder hinten *(h)*, sowie durch vertikalen Druck nach oben *(o)* oder unten *(u)*. Um nun bei allen Prüfungen gleichverlaufende Vorgänge zu erhalten, bei denen ein

*) Die Apparatur wurde von der Firma Paul Polikeit, Halle a.S. angefertigt.

ruhiges Aufsetzen und ein schnelles Abheben des Gewichtes bedingt ist, werden die Vorgänge mechanisch durchgeführt und das Aufsetzen des Gewichtes mit dem gleichzeitigen Prüfungsbeginn elektrisch durch Relais angezeigt. Die Prüfungswerte können sofort an einer Skala abgelesen werden und der Prüfverlauf wird automatisch durch eine Kurve registriert.

Man belegt die Bißplatte des Kopfhalters (*1*) mit Stenz und läßt die Person, bei der eine Untersuchung mit dem Elastometer notwendig ist, darauf festbeißen, wobei man den zu prüfenden Zahn in die Mitte der beiden Bißplatten bringt, um ihn für die Prüfung frei bewegen zu können. Man kann die Stellung des Zahnes zu dem Apparat im festgebissenen Zustande durch das Kugelgelenk (*2*) korrigieren und den Angriffspunkt auf den Zahn vertikal durch Stellschraube (*3*) und horizontal durch Stellschraube (*4*) fixieren, ebenso kann der Zeiger auf 0 eingestellt werden, kleine Differenzen sind leicht ausgleichbar, da die Skala mit Trieb (*5*) ebenfalls beweglich gestaltet ist. Man schaltet den Strom für das Relais, indem man die Fallklappe (*6*) hochklappt, ein, das Registrierwerk wird durch einen Hebel (*7*) in Bewegung gesetzt. Der Prüfungsvorgang beginnt nun, man löst den Hebel (*8*) aus, wobei der Gewichtshebel (*9*) und der Bremshebel (*10*) freigegeben werden, ein freier Fall wird dagegen durch die Bremse (*11*) verhindert. Der Gewichtshebel setzt sich langsam auf die Druckstifte (*12*), wodurch auch gleichzeitig der Stromkreis für das Relais geschlossen wird. Die Fallklappe fällt herunter, sodaß auch dies als Zeichen für den Prüfungsbeginn gilt. Ist nun durch Abstoppen die Prüfdauer beendet, so drückt man den Hebel (*13*) nach unten, der dadurch das Gewicht vom Zahn plötzlich fortnimmt und gleichzeitig durch Federanordnung die Bremse auf die Anfangsstellung zurückzieht. Der Hebel (*14*) legt die schwenkbare Gewichtsanordnung fest. Eine Wasserwage (*15*) gestattet eine stets gleichbleibende Einstellung des Apparates. Mit dem Schlüssel (*16*) zieht man das Uhrwerk auf, das für zwei Geschwindigkeiten (5 und 10 mm pro Sekunde) umgeschaltet (*17*) werden kann. Die Form

der Bißplatte vermeidet bei Wiederholung der Prüfung ein Verwechseln der Abdrücke.

Die heutige Apparatur ist ganz wesentlich geändert gegenüber derjenigen, die anfänglich verwendet wurde, weil es sich zunächst darum handelt, mit einem Standardtyp Normwerte zu schaffen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß später die Apparatur vereinfacht werden kann. Bei Durchführung der Versuche bestand nun die Hauptschwierigkeit darin, die Versuchsperson so an den Apparat heranzubringen, daß alle Bewegungen möglichst ausgeschaltet wurden. Zunächst wurden die ersten Versuche in der Art durchgeführt, daß der ganze Apparat durch eine Aufhängevorrichtung in der Schwebe gehalten wurde, um so zu erreichen, daß alle Bewegungen des Patienten sich gleichmäßig der Apparatur mitteilten und gewissermaßen kompensiert wurden. Bald stellte sich jedoch die Unzulänglichkeit dieses Verfahrens heraus, die Kurven zeigten ganz anormale Schwankungen selbst bei Personen, die keinerlei nervösen Einflüssen unterlagen. Wir gingen daher dazu über, den Apparat festzustellen und die Versuchsperson an den Apparat heranzubringen. Wir ließen auf die mit Stenz belegte Bißplatte beißen, die Ellenbogen fest aufsetzen und den Unterkiefer mit hohlen Händen stützen. Doch auch dies Verfahren erwies sich als unzweckmäßig, da die Person zumeist den Kopf zu weit vorstrecken, der Thorax eingezogen werden mußte, es trat sehr schnell eine Ermüdung ein, die sich in unliebsamer Weise auf die Kurven auswirkte. Die meisten so erhaltenen Kurven erwiesen sich als unbrauchbar. War bislang so verfahren, die Person an die Apparatur heranzubringen, so gingen wir in der Folge so vor, daß wir den Apparat an die Person heranbrachten. Ein geeigneter Stuhl mit Kopf- und Rückenlehne ermöglichte ein bequemes, aufrechtes Sitzen; ein Kopfquerverband, nach Art einer Kinnschleuder, der an der Kopflehne befestigt wurde, ermöglichte eine fast völlige Ruhigstellung des Kopfes. Der Apparat wurde nun an die Versuchsperson herangebracht, die Bißplatte in den Mund hineingeschoben, ohne daß irgend eine Körperbewegung der Person erfolgte. Nachdem der Apparat mit Hilfe der

Wasserwage in die richtige Stellung gebracht war, konnten die Versuche selbst bei nervösen Leuten, die sich bei den anderen Methoden als gänzlich ungeeignet erwiesen hatten, erfolgreich durchgeführt wurden.

Mir war die Aufgabe gestellt, bei verschiedenen Gewichtsbelastungen elastometrische Untersuchungen vorzunehmen und zwar bei einer Belastungszeit von 15 Sekunden und nach einer Entlastungszeit von wiederum 15 Sekunden. Ich wählte bei fast allen Versuchspersonen, soweit keine ausgesprochene Stellungsanomalie vorhanden war, den oberen linken mittleren Schneidezahn, ich ließ 100, 200 und 300 g Gewicht einwirken. Im Verlauf der Untersuchungen zeigte sich jedoch, daß ein großer Teil der gesund erscheinenden Zähne bei dieser Belastungszeit einen großen Elastizitätsverlust aufwies. Um sich den gegebenen physiologischen Verhältnissen anzupassen, wurde auf Grund früherer von H. Heinroth angestellter Versuche eine Zeit von drei Sekunden gewählt, da beim Kauakt der Zahn bekanntlich auch nur verhältnismäßig kurze Zeit belastet wird und nach kurzdauernder Belastung wieder in die Gleichgewichtslage zurückkehrt.

Die Belastungsversuche mit 50 g mußten von Anfang an ausgeschaltet werden, da die Kurven sich als unbrauchbar erwiesen, ebenso konnten bei der Auswertung der Zahlen die Versuche mit 100 g ausgeschieden werden, wegen der zu geringen Differenz im Ausschlag bei den verschiedenen Messungen. Bei der Ausrechnung der Mittelwerte und der Verhältniszahlen lieferten nur die Versuche mit 200 und 300 g brauchbare Maximalwerte. Die Versuche wurden mit einer Belastung von 200 und 300 g bei einer Dauer von 15 Sekunden und 3 Sekunden durchgeführt. Das hier verwendete Kurven- und Zahlenmaterial stammt von einer Auswahl von Patienten, die nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt wurden: Es handelte sich für uns darum, von vornherein solche Fälle auszuschalten, bei denen pathologische Verhältnisse vorlagen. Wir ermittelten dies teils aus den Ergebnissen der Röntgenaufnahmen, der klinischen Untersuchung und der elastometrischen Kurve, sofern hochgradige Elastizitäts-

verluste sich nach 3 bzw. 15 Sekunden nach der Entlastung feststellen ließen. Wir hielten uns umsomehr dazu berechtigt, als es sich bei der vorliegenden Arbeit darum handelt, Normwerte zu schaffen. Es ist daher einleuchtend, daß nur ein verhältnismäßig geringer Prozentsatz der Gesamtuntersuchungen ausgewählt werden konnte. In folgendem bringe ich die erzielten Werte, die den Ausgangspunkt bilden für die Feststellung des Mittelwertes, der später bei pathologischen Fällen als Standardwert gelten soll.

Bei den Kurven stellt die Linie ·—·—·—· die Belastung von 200 g, die Linie ——— die Belastung von 300 g dar. (Siehe Kurven im Anhang.)

Um das Zustandekommen der Originalkurven auf das nach Zeit in Sekunden und Abweichung in $^1/_{100}$ mm geteilte Schema kurz zu schildern, sind Originalkurven beigefügt. (Tafel I.) Die Belastung beträgt 200 und 300 g, die Einwirkungsdauer 15 und 3 Sekunden. Zur Übertragung und Auswertung der Originalkurven ist es notwendig, die bei *a* durch das Registrierwerk gezogene Null-Linie zu dem Ausgangspunkt der Messung bei *b* nach *c* zu ziehen, man erhält die Parallelnull-Linie, in dem man die Entfernung *a b* in den Zirkel nimmt und nach *a c* überträgt. Unter Einwirkung des Gewichtes steigt die Kurve von *b* bis *d* an, bei einer Belastungsdauer von 15 bzw. 3 Sekunden steigt sie von *d* bis *e*. Nun erfolgt das Abheben des Gewichtes, und die Kurve geht bis *f* zurück.

Um nun die Übertragung auf das Millimeterpapier vorzunehmen, werden in *b*, *d*, *e* und *f* Senkrechte auf der Null-Linie *b c* errichtet, um in den Schnittpunkten den Zirkel einsetzen zu können und die Höhen abzugreifen, die dann unter Berücksichtigung der Zeit in das Schema eingezeichnet werden. Die gefundenen Punkte werden miteinander verbunden, sodaß die vorliegenden Kurven zustandekommen. Die Kurven, die bei einer Belastungszeit von 15 Sekunden aufgenommen worden sind, verhalten sich zu denen von 3 Sekunden wie 1 : 2, sodaß die 3-Sekunden-Kurven aus-

einandergezogen erscheinen. Die Versuche ergaben, daß diese Art der Aufnahme bei der kurzen Belastungsdauer ein besseres Bild zeigte.

Nachfolgend sind die Zahlenwerte aus den Kurven 1—10 in einer Tabelle zwecks Vergleich und Ermittlung von Mittelwerten zusammengestellt Die Zahlen geben die maximale Abweichung, ausgedrückt in $^1/_{1000}$ mm gegenüber der Ruhestellung nach 15 und 3 Sekunden an.

Nr.	bei 200 g		bei 300 g	
	nach 15″	nach 3″	nach 15″	nach 3″
1	31	29	49	39
2	35	32	58	46
3	43	29	70	47
4	45	37	47	58
5	49	29	90	40
6	48	37	80	51
7	62	33	89	59
8	70	29	119	51
9	78	26	133	40
10	80	30	108	58

Aus diesen Zahlen wurden nun nachfolgende Mittelwerte errechnet:

200 g 15″ = 55,5 300 g 15″ = 90
200 g 3″ = 33 300 g 3″ = 40

Des weiteren interessieren uns die Beziehungen, die sich ergeben aus einem Vergleich von elastometrischen Messungen bei gleichen Gewichten und verschiedener Belastungszeit und schließlich solche Messungen, bei denen der gleiche Zahn mit verschiedenen Gewichten gleich lange belastet wurde.

200 g bei 15″ zu 200 g bei 3″
55,5 : 33 = 1 : 0,59

300 g bei 15″ zu 300 g bei 3″
90 : 49 = 1 : 0,54

200 g bei 15″ zu 300 g bei 15″
55,5 : 90 = 1 : 1,62

200 g bei 3″ zu 300 g bei 3″
33 : 49 = 1 : 1,48

Im Nachstehenden werden der besseren Übersicht halber sämtliche Zahlen tabellarisch zuzammengefaßt:

Pat. Nr.	200 g 15″ zu 3″ 1 : 0,59	300 g 15″ zu 3″ 1 : 0,54	200 g 15″ zu 300 g 15″ 1 : 1,62	200 g 3″ zu 300 g 3″ 1 : 1,48
1	1 : 0,93	1 : 0,79	1 : 1,58	1 : 1,34
2	1 : 0,91	1 : 0,79	1 : 1,65	1 : 1,43
3	1 : 0,67	1 : 0,67	1 : 1,62	1 : 1,62
4	1 : 0,82	1 : 1,23	1 : 1,04	1 : 1,56
5	1 : 0,59	1 : 0,44	1 : 1,83	1 : 1,37
6	1 : 0,75	1 : 0,63	1 : 1,66	1 : 1,37
7	1 : 0,53	1 : 0,66	1 : 1,43	1 : 1,78
8	1 : 0,41	1 : 0,42	1 : 1,55	1 : 1,76
9	1 : 0,33	1 : 0,33	1 : 1,7	1 : 1,53
10	1 : 0,37	1 : 0,53	1 : 1,35	1 : 1,93

Der besseren Übersicht halber wird umstehend eine Zusammenstellung der Kurven nach Nummer der Kurve, Namen des Patienten, Belastung, maximale Abweichung und der Art des Zahnes aufgeführt:

Kurve Nr.	Name	Belastung g	Maximale Abweichung nach 15"	nach 3"	Art des Zahnes
1	M. Reitz	200	31	29	weißlich,
		300	49	39	normal
2	M. Kairies	200	35	32	weiß/gelb,
		300	58	46	groß, starke Wurzel
3	H. Bartels	200	43	29	weißlich,
		300	70	47	klein
4	M. Schüler	200	45	37	weiß, normal,
		300	47	58	lange Wurzel
5	M. Becker	200	49	29	weiß/gelb,
		300	90	40	klein
6	A. Zelm	200	48	37	weiß/gelb,
		300	80	51	normal, kl. Wurzel
7	O. Wesemann	200	62	33	gelblich verfärbt, klein,
		300	89	59	kl. Wurzel
8	E. Beyer	200	70	29	weiß/gelb,
		300	119	51	kurz, gedrungen
9	A. Wilkendorf	200	78	26	weiß/gelb,
		300	133	40	groß, kräftig
10	R. Wippert	200	80	30	weiß/gelb,
		300	108	58	kräftig, kl. Wurzel

Literatur.

Auerbach: vgl. Winkelmann, Handb. d. Physik (1908).

Bach, C.: Elastizität und Festigkeit, Berlin (1894).

Freundlich, H.: Kapillarchemie. Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete. Leipzig (1909).

Heinroth, H.: Klinische Untersuchungsmethoden. Aus Misch: „Die Fortschritte der Zahnheilkunde." 4. Bd., Leipzig (1928),

Kluge E. F.: Inaug. Diss.. Kiel (1926).

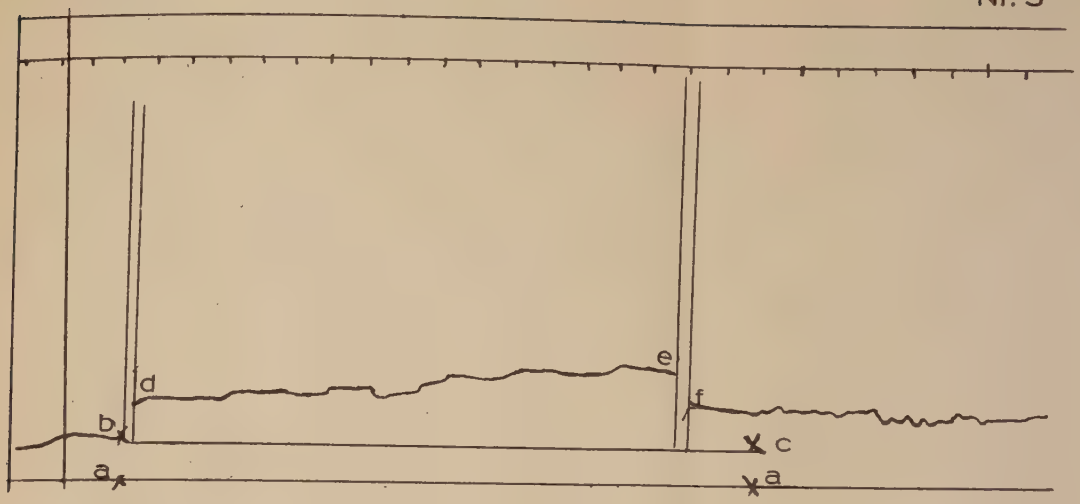
Landerer, A.: Die Gewebsspannung in ihrem Einfluß auf die örtliche Blut- und Lymphbewegung. Leipzig (1884).

Schade H.: Untersuchungen zur Organfunktion des Bindegewebes. Ztschr. f. exp. Path. u. Ther. XI (1912).

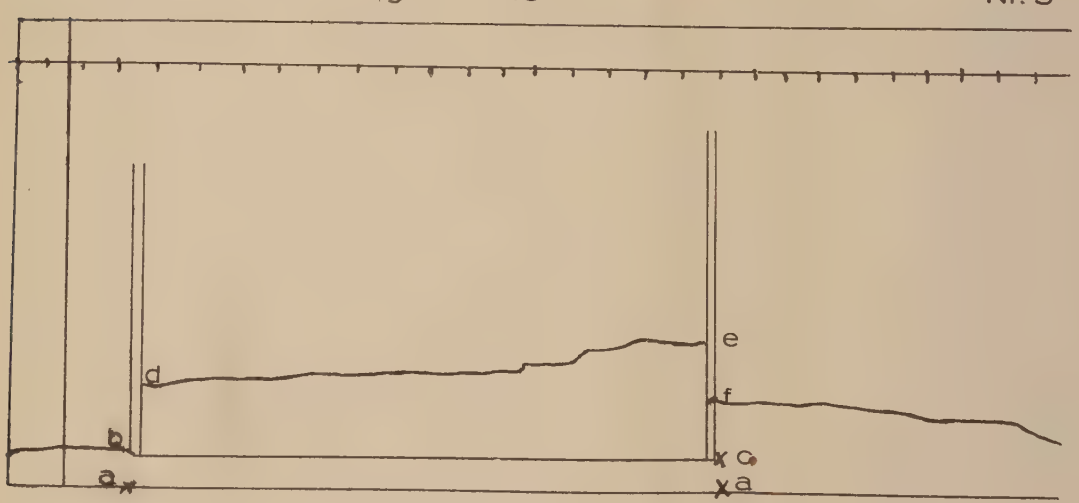
Trendtel: Ztschr. f. d. ges. exper. M. XLIX (1926).

Triebel, H.: Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden (1912).

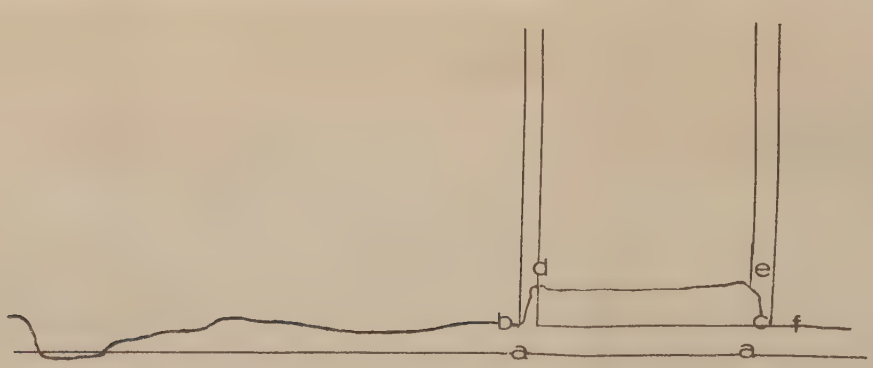
Bartels 200 g 15" Nr. 3



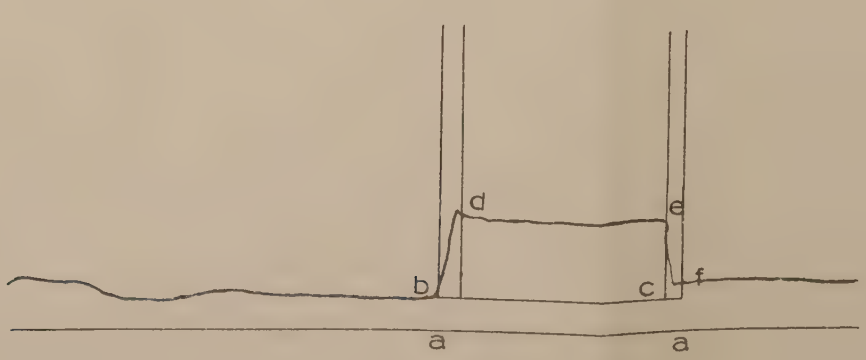
Bartels 300 g 15" Nr. 3

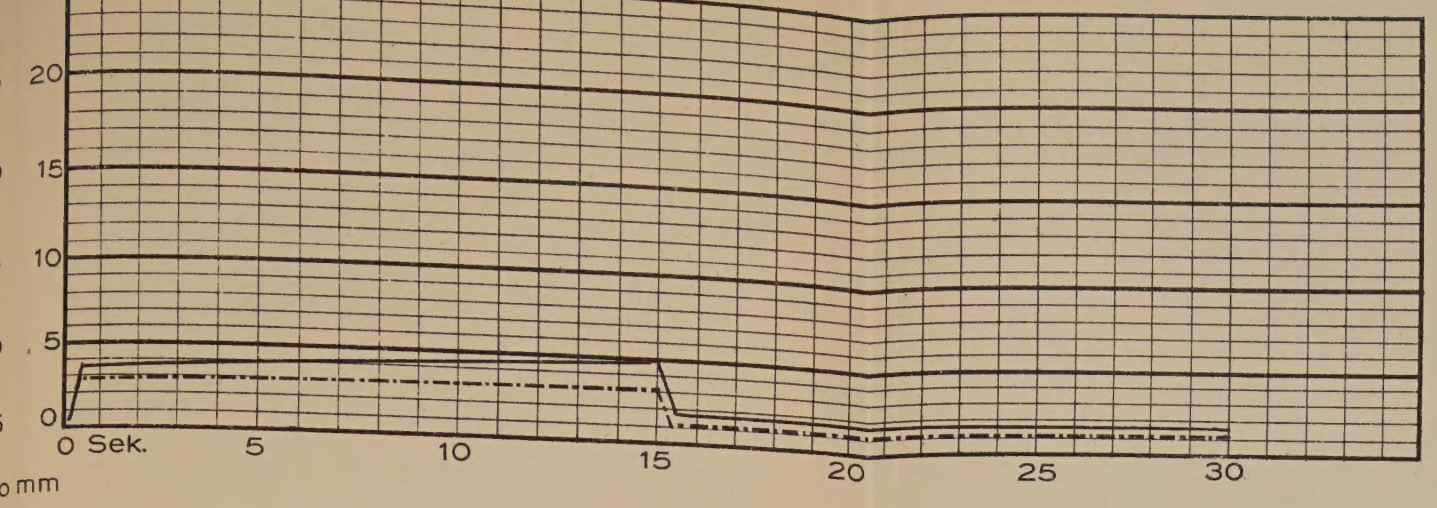


Bartels 200 g 3" Nr. 3

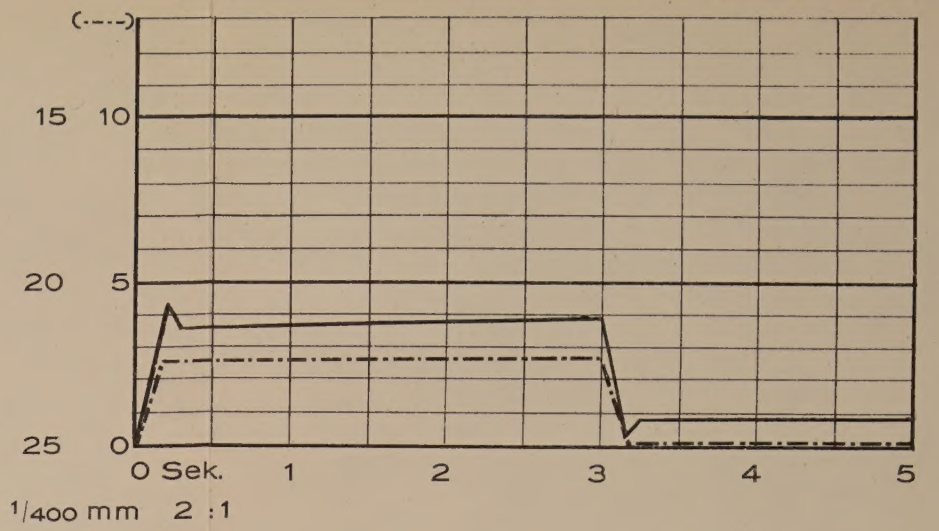


Bartels 300 g 3" Nr. 3





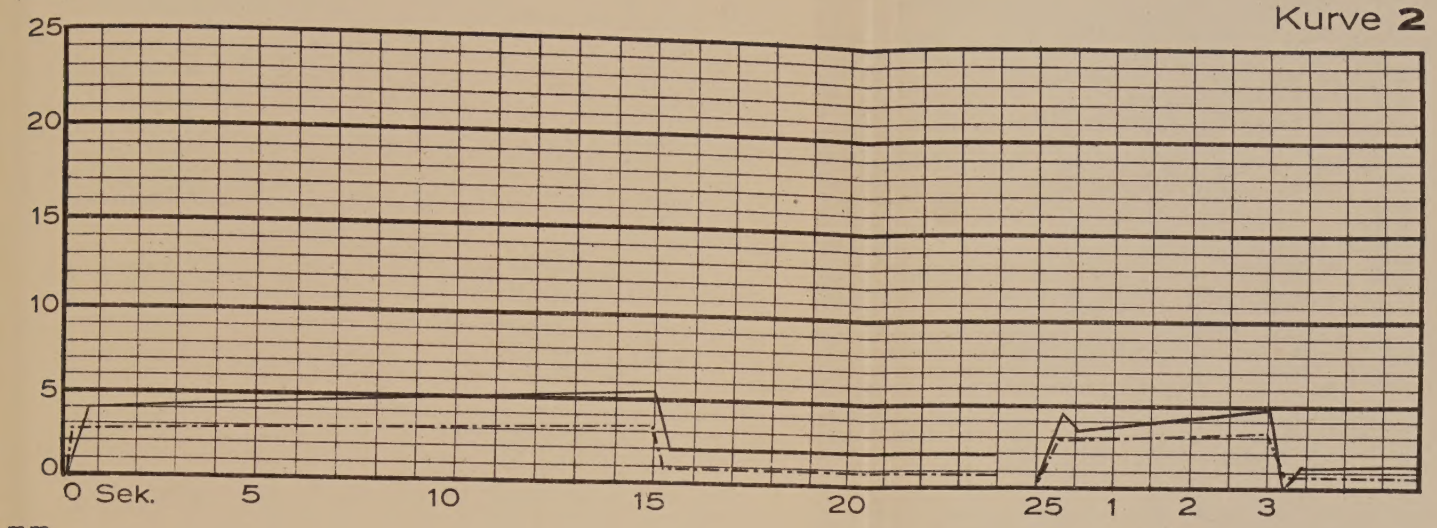
mm



1/400 mm 2 : 1

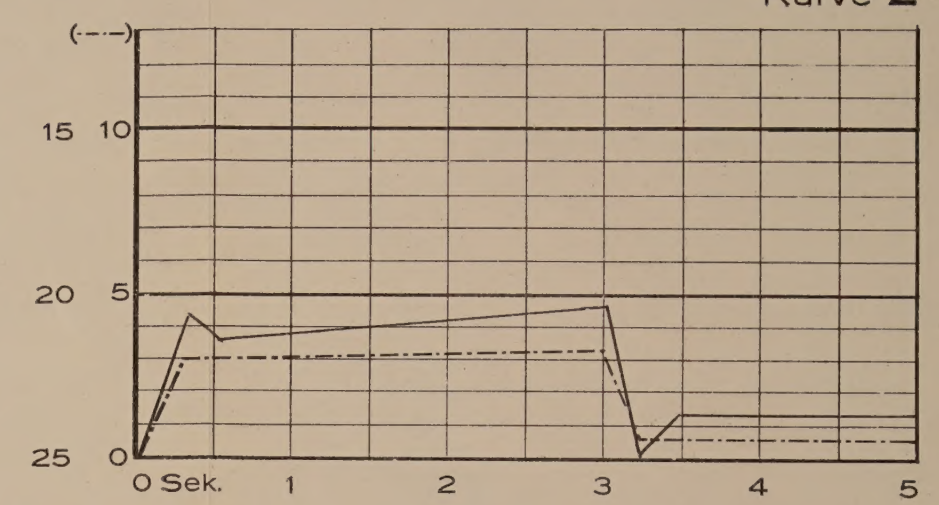
(·--·)

Kurve **2**



mm

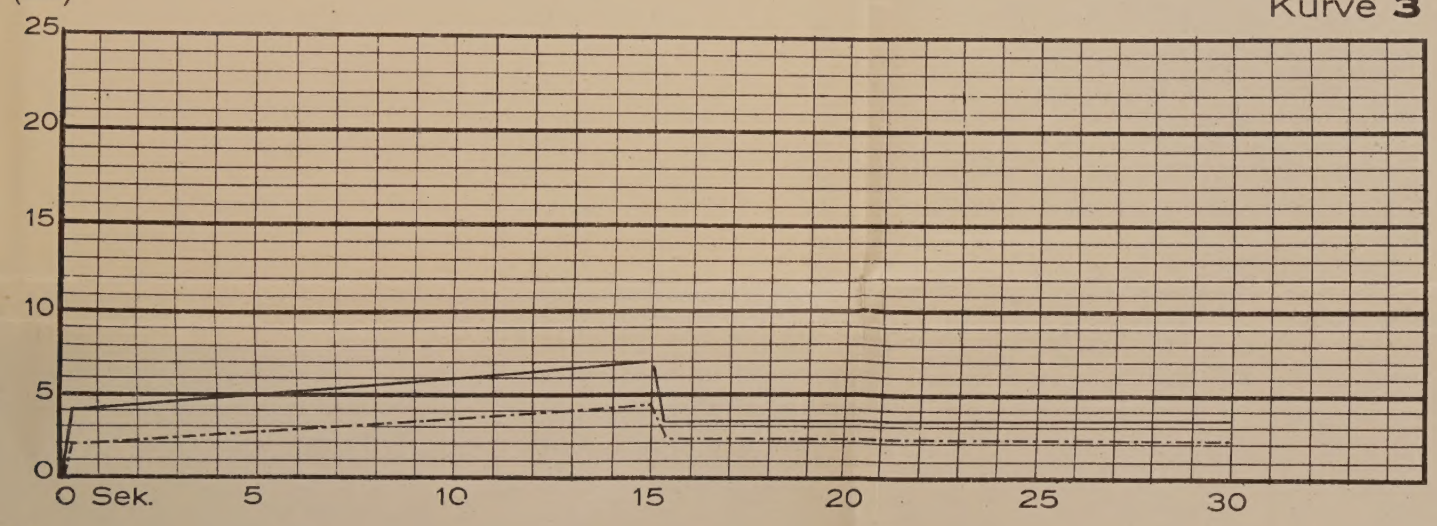
Kurve **2**



1/400 mm 2 : 1

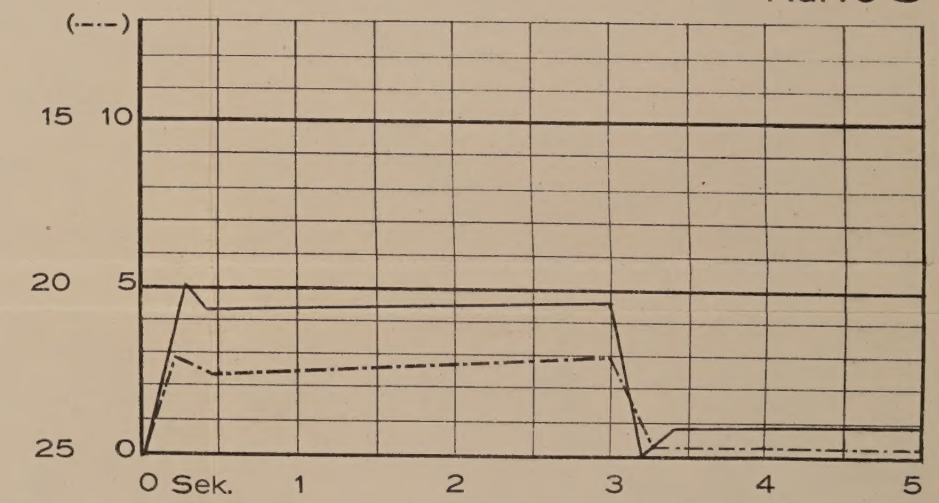
(—)

Kurve **3**



nm

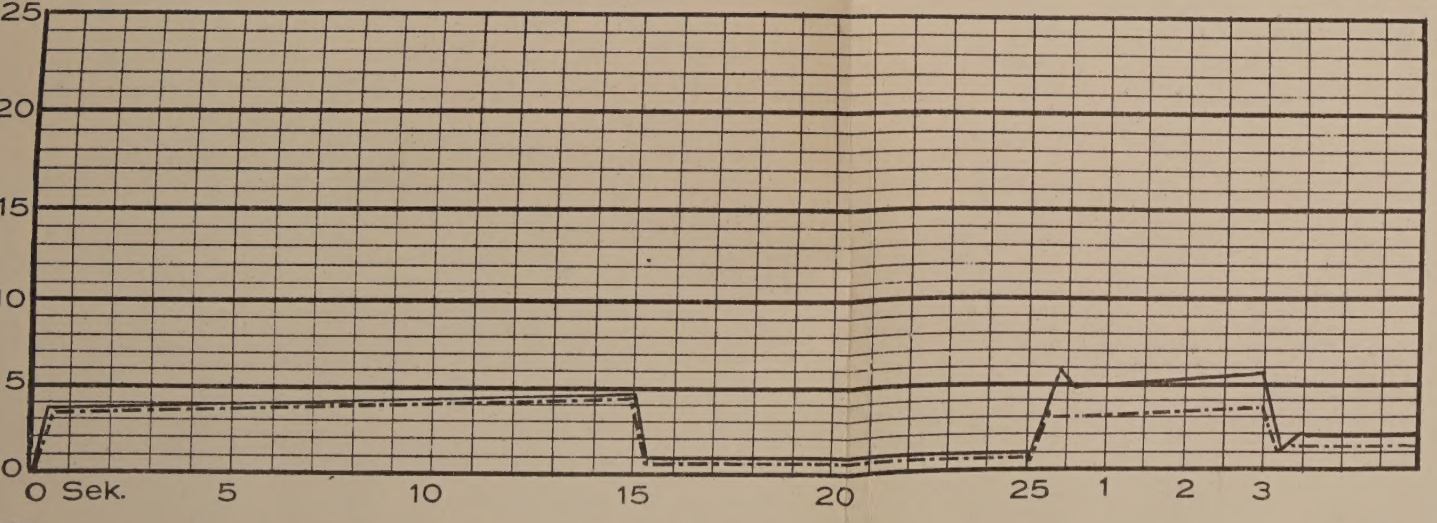
Kurve **3**



1/400 mm 2 : 1

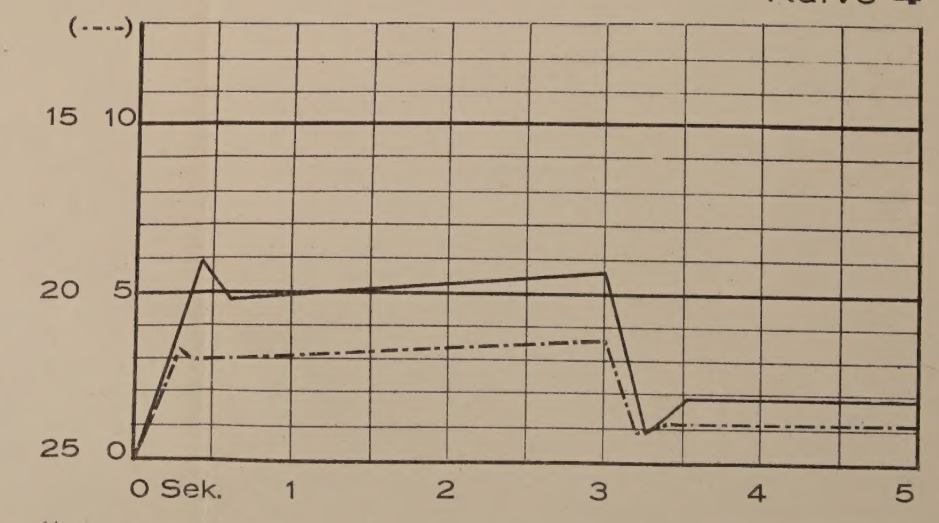
·--·)

Kurve **4**



nm

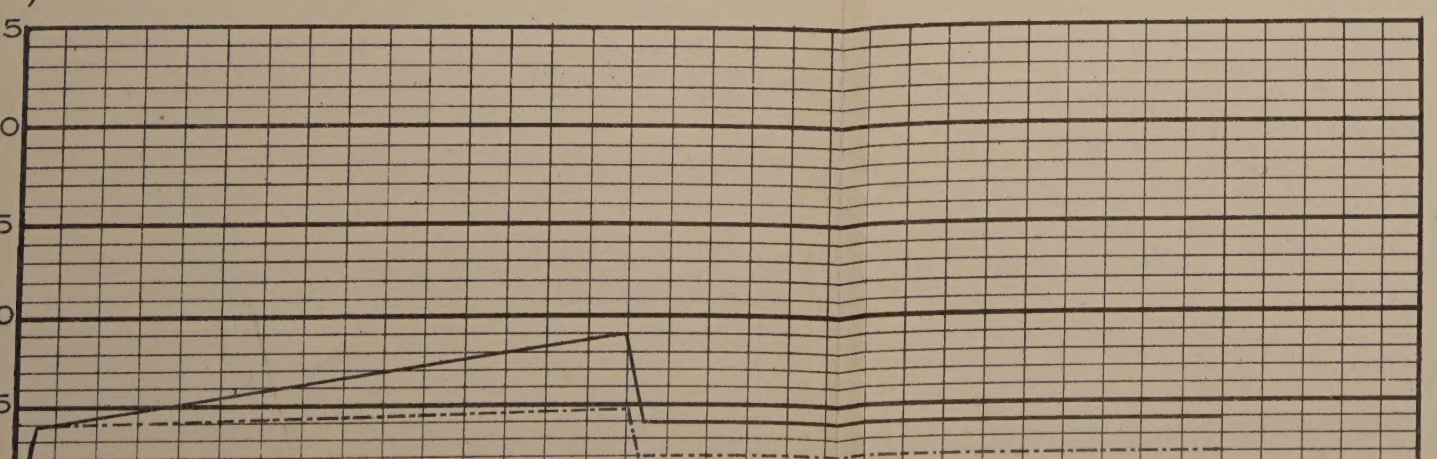
Kurve **4**



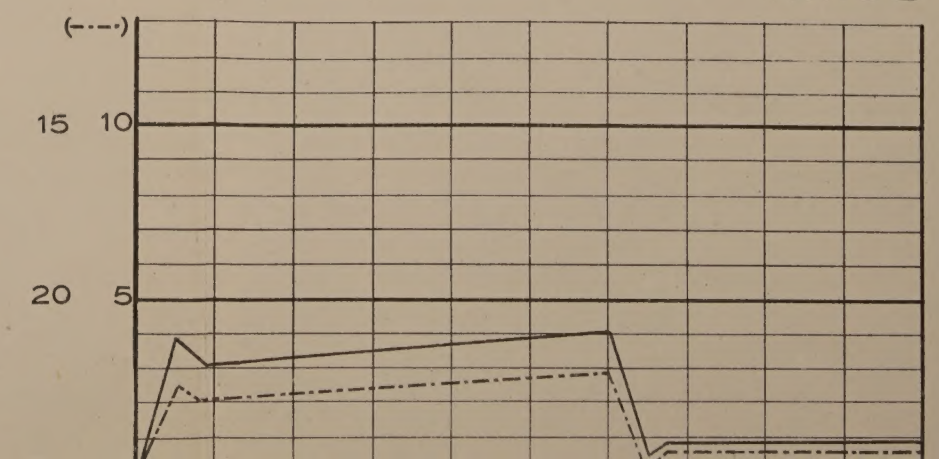
1/400 mm 2 : 1

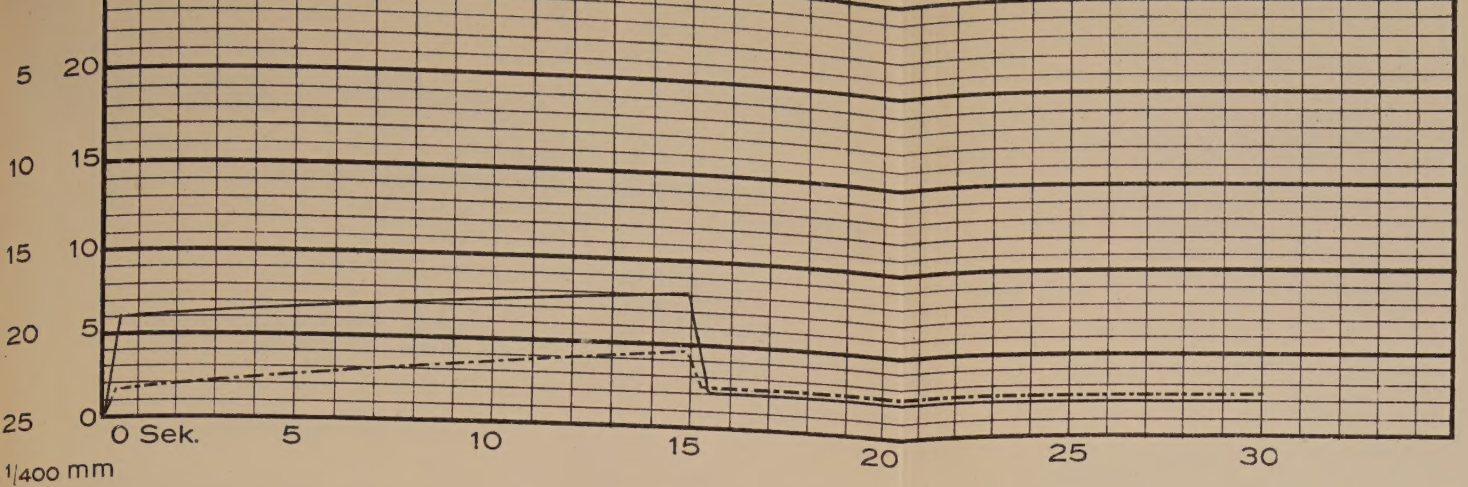
·--·)

Kurve **5**

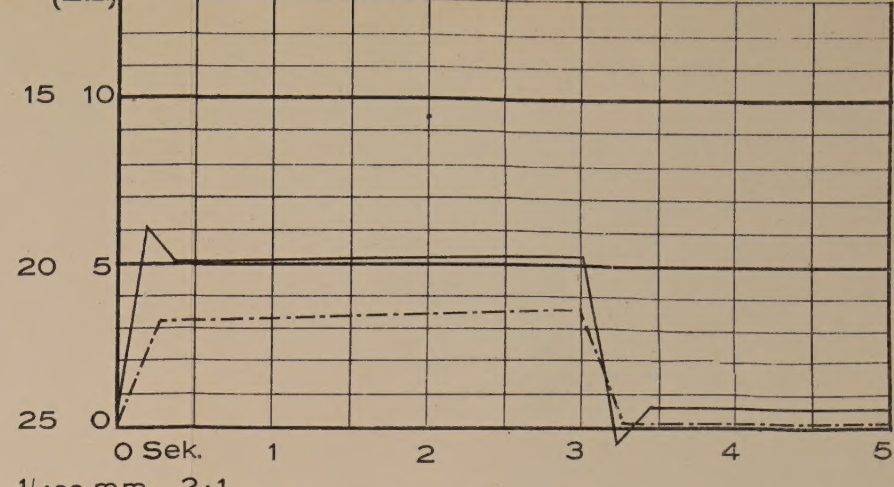


Kurve **5**



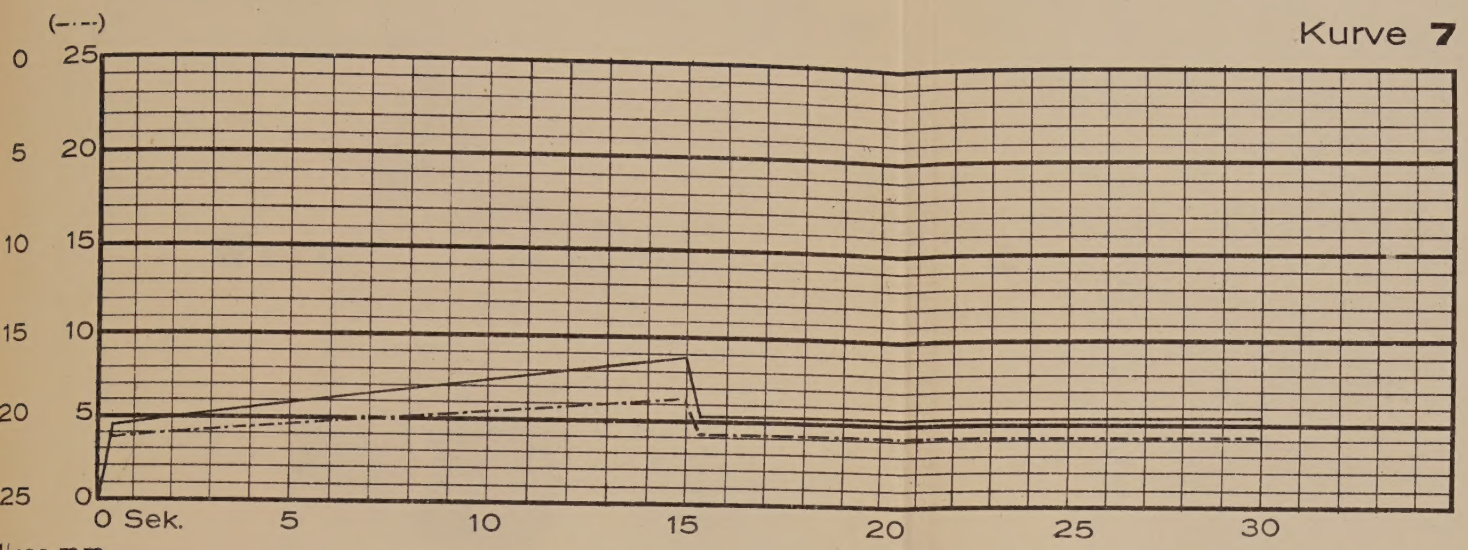


1/400 mm



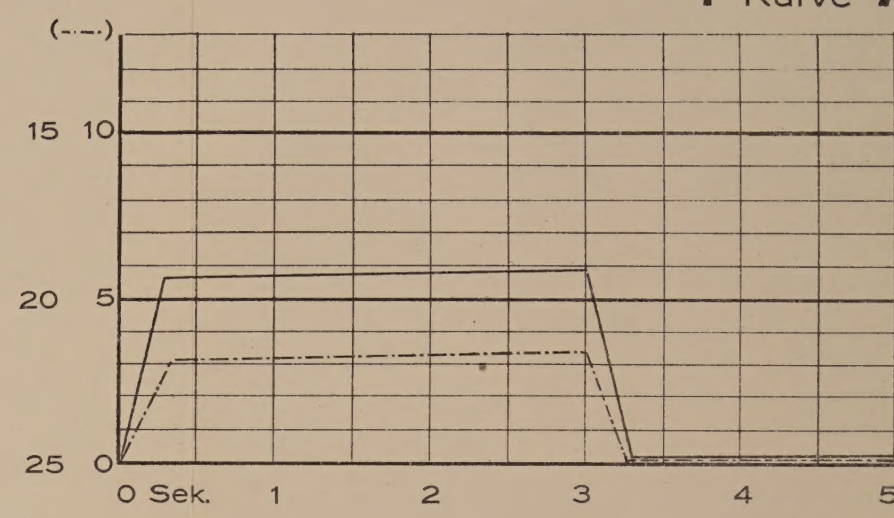
1/400 mm 2:1

Kurve **7**



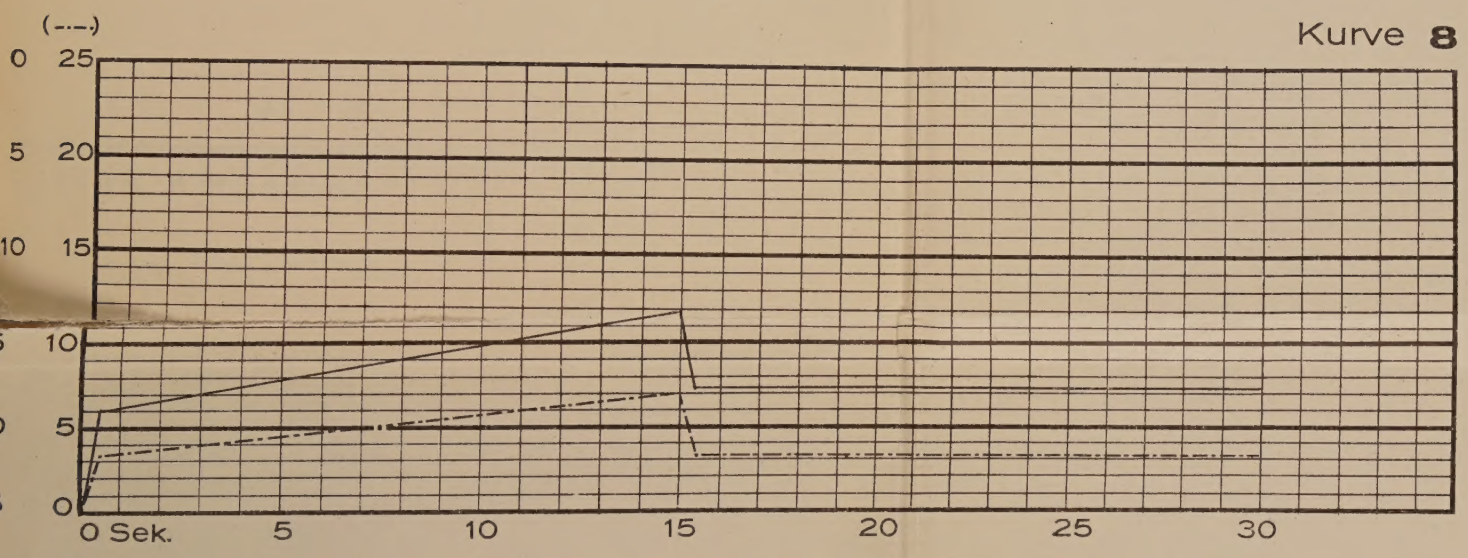
1/400 mm

I Kurve **7**



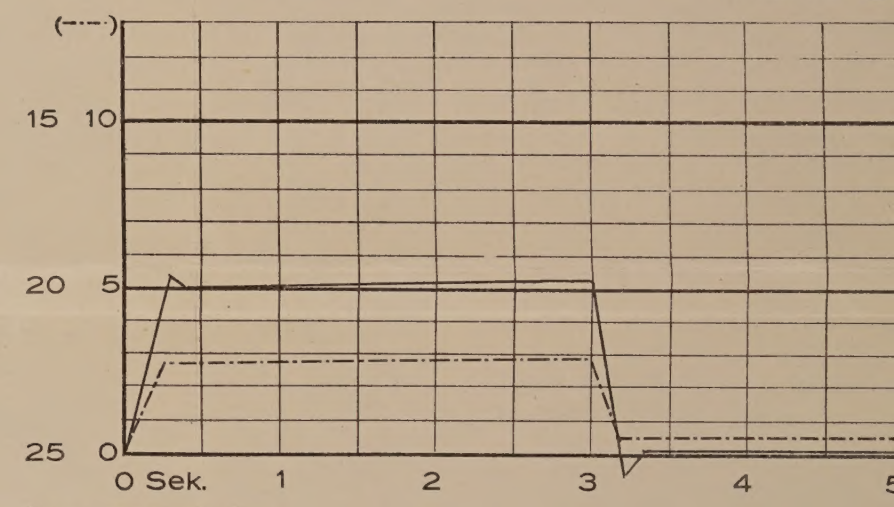
1/400 mm 2:1

Kurve **8**



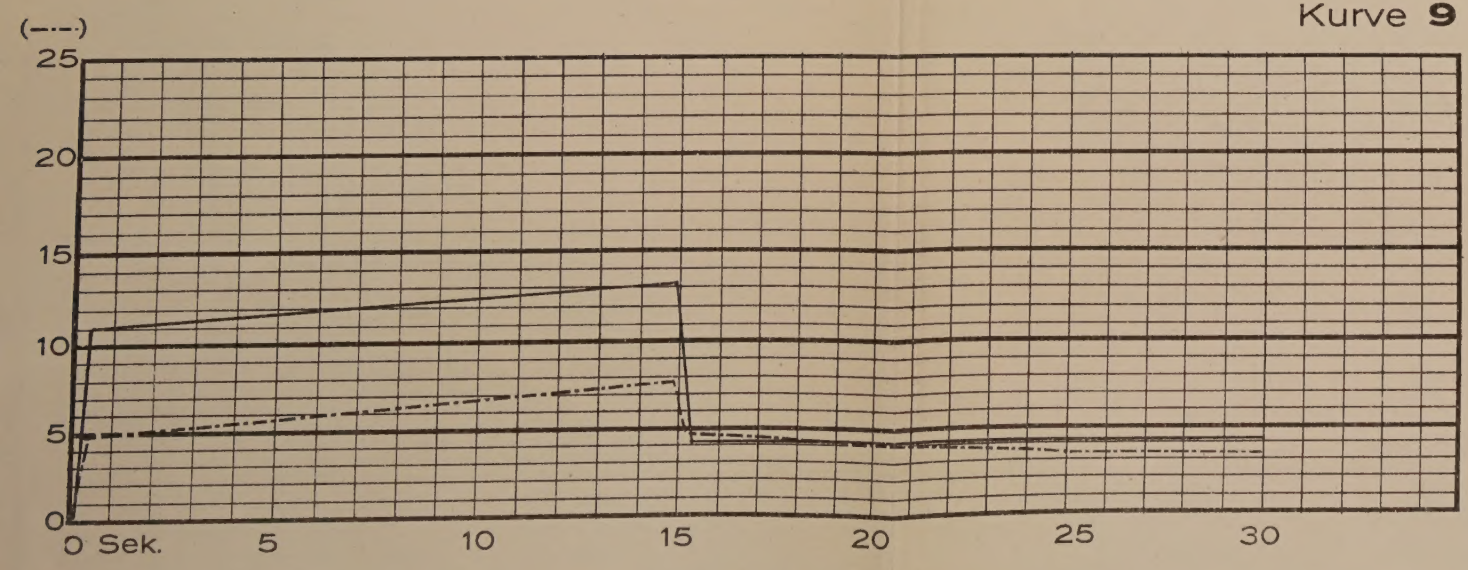
oo mm

Kurve **8**



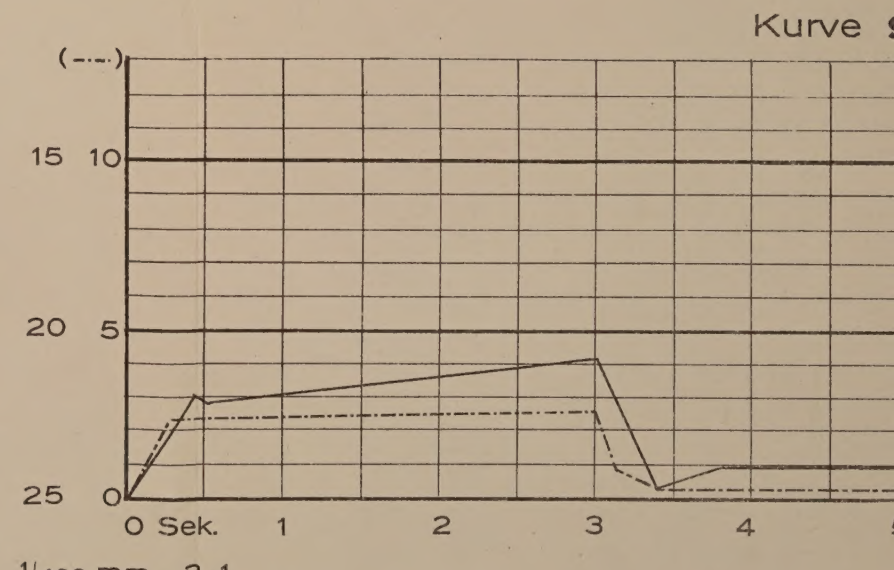
1/400 mm 2:1

Kurve **9**



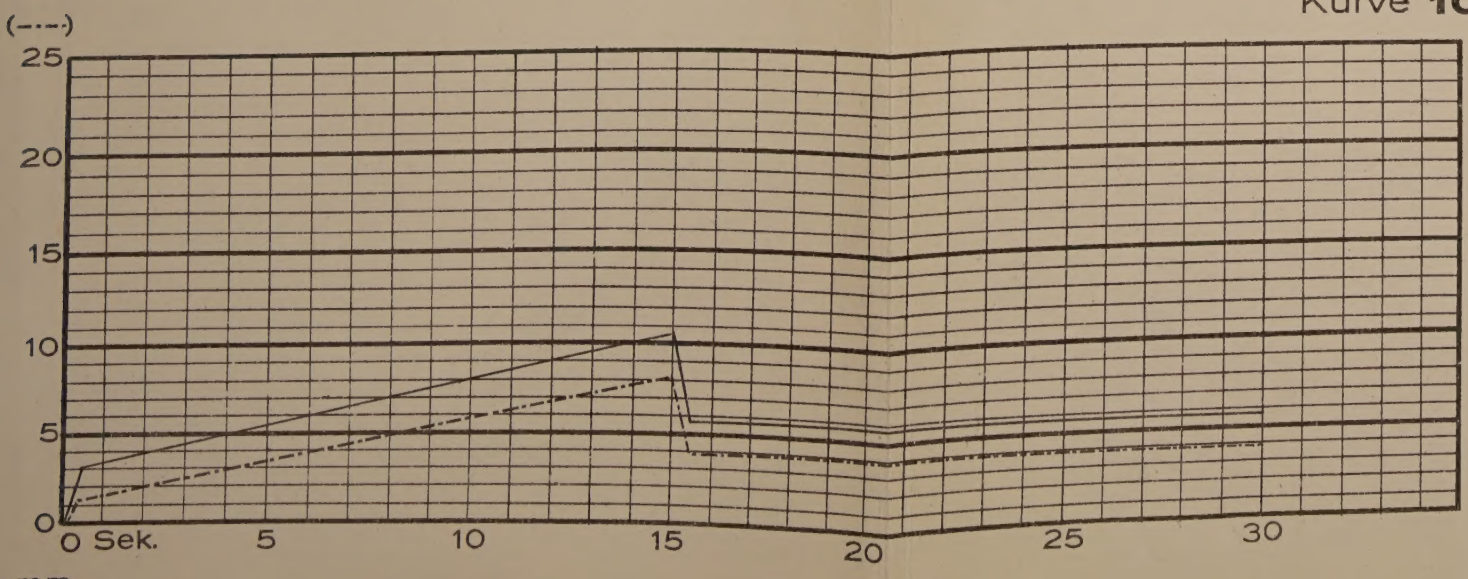
oo mm

Kurve **9**



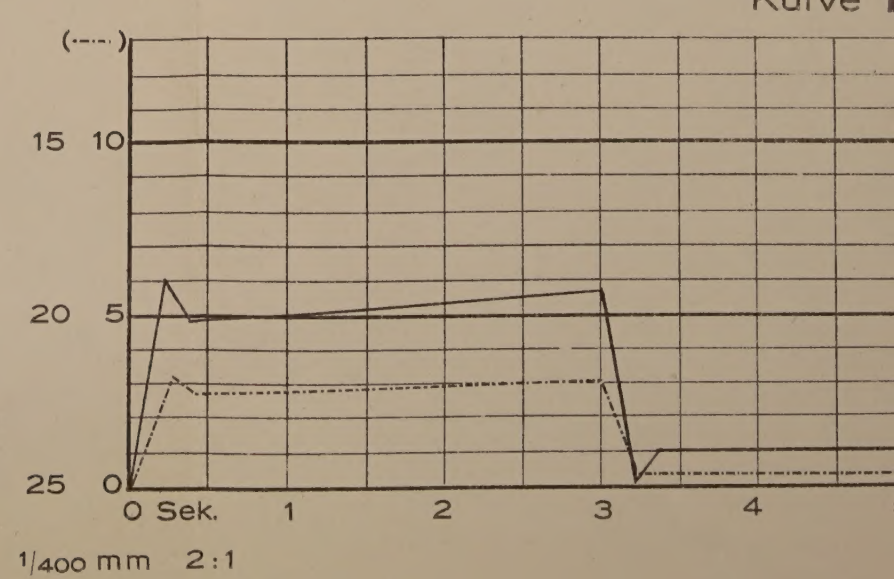
1/400 mm 2:1

Kurve **10**



mm

Kurve **1**



1/400 mm 2:1